



基于红外相机的福建安溪 云中山省级自然保护区鸟兽多样性研究

沈金全¹, 卢敏勇¹, 吴宝花¹, 钱建鑫², 余冠军², 汪凌峰^{2*}

(1. 安溪云中山省级自然保护区发展中心, 安溪, 362401;
2. 江西鄱阳湖南矶湿地国家级自然保护区管理局, 南昌, 330127)

稿件运行过程

收稿日期: 2024-10-14

修回日期: 2024-10-28



关键词: 红外相机;

相对丰富度指数;

鸟类;

兽类

Keywords: Camera-trapping;

Relative abundance index;

Bird;

Mammal

中图分类号: Q958.1

文献标志码: A

文章编号:

2310-1490(2025)-02-0438-11

DOI: 10.12375/ysdwx.20250223

摘要

福建安溪云中山省级自然保护区地处福建省安溪县西北部,是戴云山脉东南的延伸,生物资源丰富。为调查该保护区的鸟兽生物多样性本底,2018—2023年,在保护区内布设106台红外相机进行生物多样性监测,共采集37 003个相机工作日,获得独立有效照片18 719张,其中兽类10 172张,鸟类8 547张。经鉴定,共记录到野生动物14目40科77种,其中兽类5目12科20种,鸟类9目28科57种。国家一级重点保护野生动物3种,即黄腹角雉(*Tragopan caboti*)、白颈长尾雉(*Syrnaticus elliotti*)和小灵猫(*Viverricula indica*),国家二级重点保护野生动物13种,即白鹇(*Lophura nycthemera*)、白眉山鹇(*Arborophila gingica*)、松雀鹰(*Accipiter virgatus*)、凤头鹰(*A. trivirgatus*)、林雕(*Ictinaetus malaiensis*)、鹰雕(*Nisaetus nipalensis*)、褐翅鸦鹃(*Centropus sinensis*)、领角鸮(*Otus lettia*)、褐林鸮(*Strix leptogrammica*)、红头咬鹃(*Harpactes erythrocephalus*)、豹猫(*Prionailurus bengalensis*)、猕猴(*Macaca mulatta*)和中华鬣羚(*Capricornis milneedwardsii*)。鸟类相对丰富度指数前5位的依次是白鹇、白眉山鹇、黑领噪鹛(*Pterorhinus pectoralis*)、紫啸鹛(*Myophonus caeruleus*)和虎斑地鸲(*Zoothera aurea*)。国家重点保护鸟类的相对丰富度由高到低依次为白鹇、白眉山鹇、白颈长尾雉、红头咬鹃、松雀鹰、领角鸮、黄腹角雉、鹰雕、凤头鹰、林雕、褐翅鸦鹃和褐林鸮。兽类中相对丰富度指数最高的前5位依次为小鹿(*Muntiacus reevesi*)、野猪(*Sus scrofa*)、花面狸(*Paguma larvata*)、赤腹松鼠(*Callosciurus erythraeus*)和食蟹獾(*Herpestes urva*)。国家重点保护兽类相对丰富度由高到低依次为豹猫、中华鬣羚、猕猴和小灵猫。通过此次调查研究,基本查清了云中山保护区的鸟类、兽类生物多样性现状,可为未来开展系统调查监测和制定保护管理措施提供数据基础和科学依据。

基金项目: 2022年中央财政湿地等生态保护支出部分专项资金项目(FJSFAX202212)

第一作者简介: 沈金全(1970—),男,高级工程师;主要从事自然保护区保护研究。E-mail:shen_jinquan11@163.com

*通信作者: 汪凌峰, E-mail:wlf_first@163.com

The Diversity of Mammals and Birds in Anxi Yunzhongshan Provincial Nature Reserve, Fujian Province Based on Infrared Camera

SHEN Jinquan¹, LU Minyong¹, WU Baohua¹, QIAN Jianxin², YU Guanjun², WANG Lingfeng^{2*}

(1. Anxi Yunzhongshan Provincial Nature Reserve Development Center, Anxi, 362401, China;

2. Management Bureau of Jiangxi Nanji Wetland National Nature Reserve, Nanchang, 330127, China)

Abstract: Anxi Yunzhongshan Provincial Nature Reserve in Fujian is located in the northwest of Anxi County, Fujian Province. It is an extension of the southeastern Daiyun Mountains and rich in biological resources. In order to investigate the background of bird and mammal biodiversity of the Yunzhongshan Nature Reserve, 106 infrared cameras were deployed in the reserve from 2018 to 2023 for biodiversity monitoring. A total of 37 003 camera days were collected, and 18 719 independent and valid photos were obtained, including 10 172 photos of mammals and 8 547 photos of birds. After identification, a total of 77 species of wildlife in 14 orders and 40 families were recorded, included 20 species in five orders and 12 families of mammals, and 57 species in nine orders and 28 families of birds. Among them, *Tragopan caboti*, *Syrmaticus ellioti* and *Viverricula indica* are listed as national first-class protected wildlife, and *Lophura nycthemera*, *Arborophila gingica*, *Accipiter virgatus*, *A. trivirgatus*, *Ictinaetus malaiensis*, *Nisaetus nipalensis*, *Centropus sinensis*, *Otus lettia*, *Strix leptogrammica*, *Harpactes erythrocephalus*, *Prionailurus bengalensis*, *Macaca mulatta* and *Capricornis milneedwardsii* are listed as national second-class protected wildlife. The relative abundance index of top five birds were *Lophura nycthemera*, *Arborophila gingica*, *Pterorhinus pectoralis*, *Myophonus caeruleus* and *Zoothera aurea*. The descending ranks of the relative abundance index national key protected birds were *Lophura nycthemera*, *Arborophila gingica*, *Syrmaticus ellioti*, *Harpactes erythrocephalus*, *Accipiter virgatus*, *Otus lettia*, *Tragopan caboti*, *Nisaetus nipalensis*, *Accipiter trivirgatus*, *Ictinaetus malaiensis*, *Centropus sinensis* and *Strix leptogrammica*. The relative abundance index of top five mammals were *Muntiacus reevesi*, *Sus scrofa*, *Paguma larvata*, *Callosciurus erythraeus* and *Herpestes urva*. The descending ranks of the relative abundance index national key protected mammals were *Prionailurus bengalensis*, *Capricornis milneedwardsii*, *Macaca mulatta* and *Viverricula indica*. Through the investigation and research, the status of bird and mammal biodiversity in Yunzhongshan Nature Reserve has been basically clarified, which provided data and scientific basis for future systematic investigation and monitoring, as well as the formulation of protection and management measures.

野生动物调查监测是自然保护区生物多样性保护的基础,也是评价自然保护区有效管理的科学依据。以往,自然保护区鸟类和兽类的调查主要采用样线法、样方法^[1]、样点法^[2-3]、陷阱法^[4]、网捕法^[5-7]和访问调查^[8-10]等传统调查方法,记录区内野生动物种群情况和生境特征。在长期应用中,这些方法为野生动物调查和记录提供了科学依据和便利,但也存在一些弊端和不足,比如对濒危物种小种群的种群数量估算不足^[11],夜行性动物调查数据难以获取等^[12]。目前,红外相机技术作为一种新的监测技术,在国内逐渐普及。笔者用“红外相机技术”“相机陷阱技术”等关键词,在中国知网检索到相关科研文献

2 073篇,远超2022年能检索到的755篇^[13]。红外相机技术可以全天候24 h连续工作,且野生动物不会产生应激反应,对野生动物的干扰较小,优势明显。目前,红外相机技术已被广泛应用于我国自然保护区野生动物的调查监测、保护管理等工作。从北部的东北虎豹国家公园、北极村国家级自然保护区^[14],到南部的云南巍山青华绿孔雀自然保护区、海南大田国家级自然保护区^[15-16];由西部的阿尔金山保护区^[17]、至东南沿海的闽浙地区如天目山国家级自然保护区、浙江乌岩岭国家级自然保护区、福建龙栖山国家级自然保护区、泰宁峨嵋峰国家级自然保护区和安溪云中山省级自然保护区等^[18-19],各级自

然保护区都开展了大量的红外相机调查监测活动。

安溪云中山省级自然保护区(以下简称“云中山保护区”)地处福建省安溪县西北部,位于福田、感德和桃舟三乡镇交界处。东起感德镇尾厝村和福德林场交接处,西至福前农场芥菜坑外仑,南与丰田林场接壤,北与漳平市溪南乡毗邻。保护区总面积4 164.5 hm²,其中核心区1 422.4 hm²,缓冲区1 515.9 hm²,实验区1 226.2 hm²,属森林生态系统类型自然保护区。保护区地带性植被为中南亚热带常绿阔叶林过渡带,主要保护对象为晋江、九龙江源头原生性森林生态系统与珍稀濒危野生动植物种群及其栖息生境。为进一步了解云中山保护区内野生动物资源状况,完善保护区的鸟类、兽类多样性信息,2018—2023年,研究团队采用红外相机技术对云中山保护区内的鸟类和兽类进行持续监测,以期为云中山保护区鸟类和兽类的多样性保护提供数据支撑和科学依据。

1 研究区概况

云中山保护区始建于2001年,2015年进行了范围和功能区划调整,调整后的保护区地理位置为25°16′—25°20′ N, 117°36′—117°44′ E。2023年保护区被列入《陆生野生动物重要栖息地名录(第一批)》。保护区属中亚热带季风气候区,温暖湿润,雨量充沛,四季分明,早晚温差大,具有典型的多雾高温等山地气候特征。年平均气温19.9℃。云中山是戴云山脉东南的延伸,区域内最高峰为太华尖主峰,海拔1 600 m,山脉总体走向是自西北向东南倾斜,最低处海拔270 m,相对高差1 330 m,与太华山连绵并列1 400 m以上的山峰有5座。植被分布随地形呈有规律的垂直分布,海拔270~1 300 m广泛分布着典型山地常绿阔叶林,主要建群种有栲(*Castanopsis fargesii*)、福建青冈(*Quercus chungii*)、钩锥(*Castanopsis tibetana*)、毛锥(*C. fordii*)、大叶苦柯(*Lithocarpus paihengii*)、木荷(*Schima superba*)、蕈树(*Altingia chinensis*)和罗浮锥(*Castanopsis fabri*)等;落叶阔叶林在海拔360~1 100 m内零星分布,主要以枫香树(*Liquidambar formosana*)、华南吴萸(*Tetradium austrosinense*)、檫木(*Sassafras tzumu*)和水青冈(*Fagus longipetiolata*)等为建群种;黄山松(*Pinus hwangshanensis*)林分布于海拔1 300~1 600 m,在海拔1 300 m以下分布着马尾松(*P. massoniana*)林以

及杉木(*Cunninghamia lanceolata*)林、毛竹(*Phyllostachys edulis*)林和石竹(*Dianthus chinensis*)林;灌丛一般分布于海拔1 400~1 600 m的山顶。

2 研究方法

根据自然保护区生物多样性及野生动物调查相关技术规程,充分考虑云中山保护区自然概况、野生动物活动规律,因地制宜地在典型地带布设了106台红外相机(图1)。两台红外相机布设位点之间的距离不低于1 000 m。相机固定于离地0.8~1.2 m的树干上,相机镜头与地面平行或与地面呈<5°的俯视角。相机位置牢固、角度适宜,对着动物痕迹为宜(食痕、粪便、廊道和水源地等),记录下红外相机安装地点、经纬度、植被类型和人为干扰类型等信息。每隔3个月对野外工作的红外相机进行数据采集、编号,检查红外相机的工作状态,更换电池和存储卡,并对采集回收的影像数据去除无效照片后进行识别分析。以1台红外相机在野外正常工作24 h为1个相机工作日。在同一地点拍摄到的连续照片中,同种个体需间隔至少30 min才能认为该照片为独立有效照片^[20]。若一张照片中出现了同一物种的多个个体或出现不同物种,则仍作为一张独立有效照片。

3 数据处理

将红外相机记录的影像按照相机编号,依次鉴定出物种名称,进行数据统计。运用bio-photo软件从文件信息里提取出影像的拍摄日期、时间等信息,生成*.csv文件。兽类的鉴定和分类主要参考《中国兽类野外手册》^[21]和《中国兽类分类与分布》^[22],鸟类的鉴定和分类参考《中国鸟类观察手册》^[23],国家重点保护野生动物信息参考《国家重点保护野生动物名录》(2021年2月1日修订)^[24]。夜间拍摄到的啮齿类动物,难以鉴别其具体种类,为保证数据的真实性、客观性,统计时仅将容易辨认的啮齿目(Rodentia)松鼠科(Sciuridae)物种计入兽类多样性目录中。

同一相机在同一位点间隔30 min以内拍摄到的同一物种照片鉴定为一张独立有效照片,计算相对丰富度指数(relative abundance index, R_{AI})^[25],即各物种出现的独立有效照片数与所拍到的动物总独立有效照片数的比例,计算公式为 $R_{AI} = A_i / N \times 100$ 。式中: A_i 表示第*i*($i = 1, 2, 3, \dots$)类物种出现的独立有效照片数, N 表示独立有效照片总数。

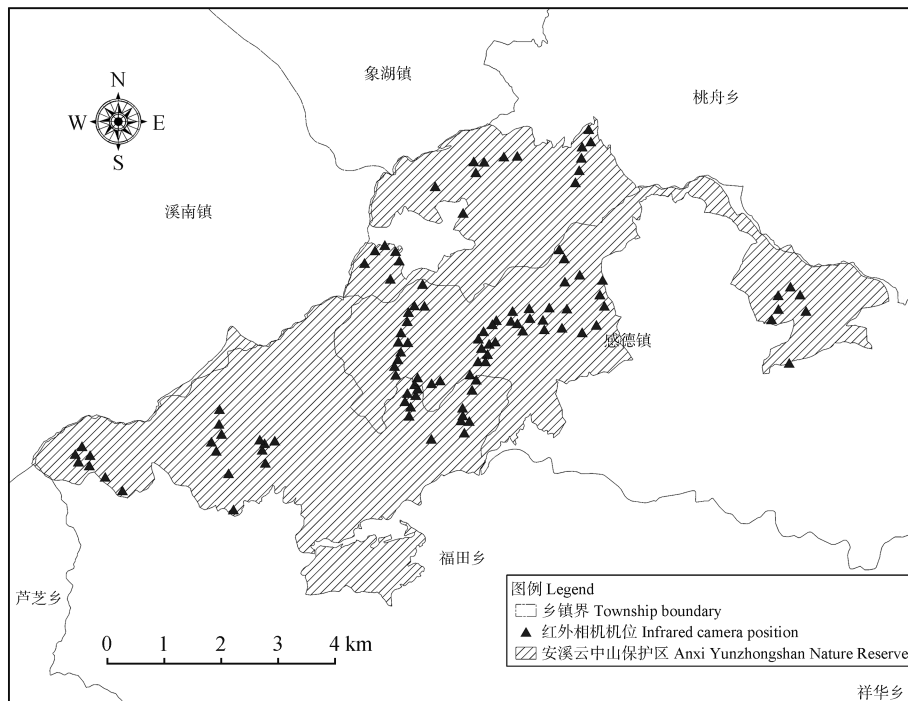


图1 安溪云中山保护区红外相机布设点

Figure 1 Camera trapping sites in Anxi Yunzhongshan Reserve

4 调查结果

2018—2023年,在云中山保护区共布设106台红外相机点位,采集37 003个相机工作日,经筛选,获得独立有效照片18 719张,其中兽类10 172张,占总数的54.34%;鸟类8 547张,占总数的45.66%。2018—2023年,云中山保护区红外相机共记录到野生动物14目40科77种,其中鸟类9目28科57种,兽类5目12科20种。国家一级重点保护野生动物3种,即黄腹角雉(*Tragopan caboti*)、白颈长尾雉(*Syrmaticus ellioti*)和小灵猫(*Viverricula indica*)。国家二级重点保护野生动物13种,即白鹇(*Lophura nycthemera*)、白眉山鹇(*Arborophila gingica*)、松雀鹰(*Accipiter virgatus*)、凤头鹰(*Accipiter trivirgatus*)、林雕(*Ictinaetus malaiensis*)、鹰雕(*Nisaetus nipalensis*)、褐翅鸦鹃(*Centropus sinensis*)、领角鸮(*Otus letitia*)、褐林鸮(*Strix leptogrammica*)、红头咬鹃(*Harpactes erythrocephalus*)、豹猫(*Prionailurus bengalensis*)、猕猴(*Macaca mulatta*)和中华鬣羚(*Capricornis milneedwardsii*)。

4.1 鸟类组成

云中山保护区红外相机记录鸟类独立有效照

片数共8 547张,调查共记录鸟类57种,隶属9目28科,其中鹰形目(*Accipitriformes*)1科4种,鸡形目(*Galliformes*)1科5种,鸽形目(*Columbiformes*)1科2种,鹃形目(*Cuculiformes*)1科3种,鸮形目(*Strigiformes*)1科2种,夜鹰目(*Caprimulgiformes*)1科1种,咬鹃目(*Trogoniformes*)1科1种,啄木鸟目(*Piciformes*)1科2种,雀形目(*Passeriformes*)20科37种。鸟类相对丰富度指数前5位的分别是白鹇($R_{AI} = 38.90$)、白眉山鹇($R_{AI} = 1.58$)、黑领噪鹛(*Pterorhinus pectoralis*, $R_{AI} = 1.47$)、紫啸鸫(*Myophonus caeruleus*, $R_{AI} = 0.81$)和虎斑地鸫(*Zoothera aurea*, $R_{AI} = 0.64$)。国家一级重点保护野生鸟类2种,为黄腹角雉和白颈长尾雉,其 R_{AI} 分别为0.06和0.19;国家二级重点保护野生鸟类10种,分别为白鹇($R_{AI} = 38.90$)、白眉山鹇($R_{AI} = 1.58$)、松雀鹰($R_{AI} = 0.09$)、凤头鹰($R_{AI} = 0.01$)、林雕($R_{AI} = 0.01$)、鹰雕($R_{AI} = 0.04$)、褐翅鸦鹃($R_{AI} = 0.01$)、领角鸮($R_{AI} = 0.08$)、褐林鸮($R_{AI} = 0.01$)和红头咬鹃($R_{AI} = 0.10$)。中国特有种3种,分别为黄腹角雉、白颈长尾雉和白眉山鹇。IUCN濒危物种红色名录级别易危(VU)1种,为黄腹角雉;近危(NT)2种,为鹰雕和白眉山鹇(表1)。

表1 2018—2023年安溪云中山保护区鸟类名录(红外相机监测)

Table 1 List of birds detected by infrared camera in Anxi Yunzhongshan Reserve from 2018 to 2023

物种 Species	区系 Fauna	居留型 Residential type	保护级别 Protection level	IUCN级别 IUCN level	独立有效记录 Independent and valid records	相对丰富度 Relative abundance index, R_{AI}
一、鹰形目 ACCIPITRIFORMES						
(一) 鹰科 Accipitridae						
1. 松雀鹰 <i>Accipiter virgatus</i>	O	R	二级	LC	16	0.09
2. 凤头鹰 <i>Accipiter trivirgatus</i>	O	R	二级	LC	2	0.01
3. 林雕 <i>Ictinaetus malaiensis</i>	O	R	二级	LC	2	0.01
4. 鹰雕 <i>Nisaetus nipalensis</i>	O	R	二级	NT	7	0.04
二、鸡形目 GALLIFORMES						
(二) 雉科 Phasianidae						
5. 白眉山鹧鸪 <i>Arborophila gingica</i>	O	R	二级	NT	295	1.58
6. 灰胸竹鸡 <i>Bambusicola thoracicus</i>	O	R		LC	21	0.11
7. 白鹇 <i>Lophura nycthemera</i>	O	R	二级	LC	7 282	38.90
8. 黄腹角雉 <i>Tragopan caboti</i>	O	R	一级	VU	11	0.06
9. 白颈长尾雉 <i>Syrmaticus elliotti</i>	O	R	一级	LC	36	0.19
三、鸽形目 COLUMBIFORMES						
(三) 鸠鸽科 Columbidae						
10. 山斑鸠 <i>Streptopelia orientalis</i>	W	M		LC	17	0.09
11. 珠颈斑鸠 <i>Spilopelia chinensis</i>	O	R		LC	1	0.01
四、鹃形目 CUCULIFORMES						
(四) 杜鹃科 Cuculidae						
12. 四声杜鹃 <i>Cuculus micropterus</i>	W	M		LC	1	0.01
13. 褐翅鸦鹃 <i>Centropus sinensis</i>	W	R	二级	LC	1	0.01
14. 大鹰鹃 <i>Hierococcyx sparveroides</i>	O	M		LC	10	0.05
五、鸮形目 STRIGIFORMES						
(五) 鸮科 Strigidae						
15. 领角鸮 <i>Otus lettia</i>	W	R	二级	LC	14	0.08
16. 褐林鸮 <i>Strix leptogrammica</i>	O	R	二级	LC	1	0.01
六、夜鹰目 CAPRIMULGIFORMES						
(六) 夜鹰科 Caprimulgidae						
17. 普通夜鹰 <i>Caprimulgus jotaka</i>	O	M		LC	1	0.01
七、咬鹃目 TROGONIFORMES						
(七) 咬鹃科 Trogonidae						
18. 红头咬鹃 <i>Harpactes erythrocephalus</i>	O	R	二级	LC	18	0.10
八、啄木鸟目 PICIFORMES						
(八) 啄木鸟科 Picidae						

续表 1

物种 Species	区系 Fauna	居留型 Residential type	保护级别 Protection level	IUCN级别 IUCN level	独立有效记录 Independent and valid records	相对丰富度 Relative abundance index, R_{Ai}
19. 栗啄木鸟 <i>Micropternus brachyurus</i>	W	R		LC	6	0.03
20. 黄嘴栗啄木鸟 <i>Blythipicus pyrrhotis</i>	O	R		LC	1	0.01
九、雀形目 PASSERIFORMES						
(九) 鹡鸰科 Motacillidae						
21. 白鹡鸰 <i>Motacilla alba</i>	P	M		LC	1	0.01
(十) 鹎科 Pycnonotidae						
22. 白头鹎 <i>Pycnonotus sinensis</i>	W	R		LC	1	0.01
23. 领雀嘴鹎 <i>Spizixos semitorques</i>	O	R		LC	1	0.01
24. 绿翅短脚鹎 <i>Ixos mccllellandii</i>	O	R		LC	3	0.02
25. 栗背短脚鹎 <i>Hemixos castanonotus</i>	O	R		LC	50	0.27
26. 红耳鹎 <i>Pycnonotus jocosus</i>	O	R		LC	1	0.01
27. 黑短脚鹎 <i>Hypsipetes leucocephalus</i>	O	M		LC	9	0.05
(十一) 伯劳科 Laniidae						
28. 棕背伯劳 <i>Lanius schach</i>	O	R		LC	2	0.01
(十二) 棕鸟科 Sturnidae						
29. 丝光棕鸟 <i>Spodiopsar sericeus</i>	O	M		LC	34	0.18
30. 八哥 <i>Acridotheres cristatellus</i>	O	R		LC	1	0.01
(十三) 钩嘴鹎科 Vangidae						
31. 钩嘴林鹎 <i>Tephrodornis virgatus</i>	O	R		LC	1	0.01
(十四) 鸲科 Corvidae						
32. 灰树鹊 <i>Dendrocitta formosae</i>	O	R		LC	7	0.04
33. 红嘴蓝鹊 <i>Urocissa erythroryncha</i>	O	R		LC	14	0.08
(十五) 鹟科 Muscicapidae						
34. 红喉歌鹟 <i>Calliope calliope</i>	P	M		LC	10	0.05
35. 北红尾鹟 <i>Phoenicurus auroreus</i>	P	M		LC	2	0.01
36. 紫啸鹟 <i>Myophonus caeruleus</i>	O	R		LC	152	0.81
(十六) 鸫科 Turdidae						
37. 白眉鸫 <i>Turdus obscurus</i>	P	M		LC	12	0.06
38. 虎斑地鸫 <i>Zoothera aurea</i>	W	M		LC	120	0.64
39. 乌鸫 <i>Turdus mandarinus</i>	O	R		LC	5	0.03
(十七) 树莺科 Scotocercidae						
40. 棕脸鹟莺 <i>Abroscopus albogularis</i>	O	R		LC	11	0.06
(十八) 柳莺科 Phylloscopidae						
41. 白眶鹟莺 <i>Phylloscopus intermedius</i>	O	M		LC	12	0.06
42. 棕眉柳莺 <i>Phylloscopus armandii</i>	O	R		LC	2	0.01
(十九) 噪鹛科 Leiothrichidae						

续表 1

物种 Species	区系 Fauna	居留型 Residential type	保护级别 Protection level	IUCN级别 IUCN level	独立有效记录 Independent and valid records	相对丰富度 Relative abundance index, R_{AI}
43. 灰翅噪鹛 <i>Ianthocincla cineracea</i>	O	R		LC	13	0.07
44. 小黑领噪鹛 <i>Garrulax monileger</i>	O	R		LC	28	0.15
45. 黑领噪鹛 <i>Pterorhinus pectoralis</i>	O	R		LC	276	1.47
46. 白颊噪鹛 <i>Pterorhinus sannio</i>	O	R		LC	2	0.01
(二十)雀鹛科 Alcippeidae						
47. 台湾雀鹛 <i>Alcippe morrisonia</i>	O	R		LC	1	0.01
(二十一)绣眼鸟科 Zosteropidae						
48. 暗绿绣眼鸟 <i>Zosterops simplex</i>	O	R		LC	22	0.12
49. 栗颈凤鹛 <i>Staphida torqueola</i>	O	R		LC	1	0.01
(二十二)莺雀科 Vireonidae						
50. 白腹凤鹛 <i>Erpornis zantholeuca</i>	O	R		LC	1	0.01
(二十三)鹑雀科 Paradoxornithidae						
51. 灰头鹑雀 <i>Psittiparus gularis</i>	O	R		LC	2	0.01
(二十四)扇尾莺科 Cisticolidae						
52. 纯色山鹧鸪 <i>Prinia inornata</i>					1	0.01
(二十五)戴菊科 Regulidae						
53. 戴菊 <i>Regulus regulus</i>	P	M		LC	1	0.01
(二十六)山雀科 Paridae						
54. 大山雀 <i>Parus minor</i>	W	R			1	0.01
55. 黄颊山雀 <i>Machlolophus spilonotus</i>	W	R		LC	1	0.01
(二十七)梅花雀科 Estrildidae						
56. 斑文鸟 <i>Lonchura punctulata</i>	O	R		LC	2	0.01
(二十八)雀科 Passeridae						
57. 麻雀 <i>Passer montanus</i>	O	R		LC	1	0.01

注: 在区系中, P 为古北界种, O 为东洋界种, W 为广布种; 在居留型中, R 为留鸟, M 为候鸟; 在保护等级中, 一级为国家一级重点保护野生动物, 二级为国家二级重点保护野生动物; 在 IUCN 级别中, LC 为无危, VU 为易危, NT 为近危。

Note: Fauna, P is Palaearctic realm species, O is Oriental realm species, W is wide spread species. Residential type, R is resident bird, M is migratory bird; Protection level, 一级 is national first level key protected wildlife, 二级 is national second level key protected wildlife; IUCN level, LC is least concern, VU is vulnerable, NT is near threatened.

4.2 兽类组成

云中山保护区红外相机记录兽类独立有效照片数共 10 172 张, 调查共记录兽类 20 种, 隶属 5 目 12 科, 其中灵长目 (Primates) 1 科 1 种, 啮齿目 3 科 7 种, 兔形目 (Lagomorpha) 1 科 1 种, 鲸偶蹄目 (Cetartiodactyla) 3 科 4 种, 食肉目 (Carnivora) 4 科 7 种。兽类中相对丰富度指数最高的前 5 位依次为小鹿 (*Muntiacus reevesi*, $R_{AI} = 36.93$)、野猪 (*Sus scrofa*, $R_{AI} = 6.80$)、花

面狸 (*Paguma larvata*, $R_{AI} = 2.35$)、赤腹松鼠 (*Callosciurus erythraeus*, $R_{AI} = 1.94$) 和食蟹獾 (*Herpestes urva*, $R_{AI} = 1.37$)。国家一级重点保护兽类 1 种, 为小灵猫 ($R_{AI} = 0.02$); 国家二级重点保护兽类 3 种, 分别为豹猫 ($R_{AI} = 0.20$)、中华鬣羚 ($R_{AI} = 0.14$) 和猕猴 ($R_{AI} = 0.03$)。中国特有种 1 种, 为小鹿。IUCN 濒危物种红色名录级别易危 (VU) 2 种, 为中华鬣羚和猪獾 (*Arctonyx collaris*)。

表2 2018—2023年安溪云中山保护区兽类名录(红外相机监测)
Table 2 List of mammals detected by infrared camera in Anxi Yunzhongshan Reserve from 2018 to 2023

物种 Species	区系 Fauna	分布型 Distributed	保护级别 Protection level	IUCN级别 IUCN level	独立有效记录 Independent and valid records	相对丰富度 Relative abundance index, R_{AI}
一、灵长目 PRIMATES						
(一)猴科 Cercopithecidae						
1. 猕猴 <i>Macaca mulatta</i>	O	We	二级	LC	6	0.03
二、啮齿目 RODENTIA						
(二)豪猪科 Hystricidae						
2. 马来豪猪 <i>Hystrix brachyura</i>	O	Wd		LC	68	0.36
(三)鼯鼠科 Spalacidae						
3. 银星竹鼠 <i>Rhizomys pruinosus</i>	O	Wb		LC	8	0.04
4. 中华竹鼠 <i>Rhizomys sinensis</i>	O	We		LC	5	0.03
(四)松鼠科 Sciuridae						
5. 红背鼯鼠 <i>Petaurista petaurista</i>	O	Wd		LC	53	0.28
6. 赤腹松鼠 <i>Callosciurus erythraeus</i>	O	Wc		LC	363	1.94
7. 倭花鼠 <i>Tamiops maritimus</i>	O			LC	10	0.05
8. 隐纹花鼠 <i>Tamiops swinhoei</i>	O	We		LC	41	0.22
三、兔形目 LAGOMORPHA						
(五)兔科 Leporidae						
9. 华南兔 <i>Lepus sinensis</i>	O	Sc		LC	182	0.97
四、食肉目 CARNIVORA						
(六)猫科 Felidae						
10. 豹猫 <i>Prionailurus bengalensis</i>	O	We	二级	LC	37	0.20
(七)灵猫科 Viverridae						
11. 花面狸 <i>Paguma larvata</i>	O	We		LC	440	2.35
12. 小灵猫 <i>Viverricula indica</i>	O	Wd	一级	LC	3	0.02
(八)鼬科 Mustelidae						
13. 猪獾 <i>Arctonyx collaris</i>	O	We		VU	191	1.02
14. 鼬獾 <i>Melogale moschata</i>	O	Sd		LC	218	1.16
15. 黄腹鼬 <i>Mustela kathiah</i>	O	Sd		LC	40	0.21
(九)獾科 Herpestidae						
16. 食蟹獾 <i>Herpestes urva</i>	O	Wc		LC	257	1.37
五、鲸偶蹄目 CETARTIODACTYLA						
(十)猪科 Suidae						
17. 野猪 <i>Sus scrofa</i>	P	Uh		LC	1 272	6.80
(十一)鹿科 Cervidae						
18. 小鹿 <i>Muntiacus reevesi</i>	O	Sd		LC	6 912	36.93
19. 赤鹿 <i>Muntiacus vaginalis</i>	O	Wc		LC	39	0.21
(十二)牛科 Bovidae						
20. 中华鬣羚 <i>Capricornis milneedwardsii</i>	O	We	二级	VU	27	0.14

注：在区系中，P为古北界种，O为东洋界种，W为广布种；在分布型中，Wb为东洋型(热带-南亚热带)，Wc为东洋型(热带-中亚热带)，Wd为东洋型(热带-北亚热带)，We为东洋型(热带-温带)，Sc为南中国型(热带-中亚热带)，Sd为南中国型(热带-北亚热带)，Uh为古北型；在保护等级中，一级为国家一级重点保护野生动物，二级为国家二级重点保护野生动物；IUCN级别中，LC为无危，VU为易危，NT为近危。

Note: Fauna, P is Palaearctic realm species, O is Oriental realm species, W is wide spread species; Distributed type, Wb is Oriental type (tropical-south subtropical region), Wc is Oriental type (tropical-central subtropical region), Wd is Oriental type (tropical-north subtropical region), We is Oriental type (tropical-temperate zone), Sc is Southern China type (tropical-central subtropical region), Sd is Southern China type (tropical-north subtropical region), Uh is Palaearctic type; Protection level, 一级 is national first level key protected wildlife, 二级 is national second level key protected wildlife; IUCN level, LC is least concern, VU is vulnerable, NT is near threatened.

5 讨论

2018—2023年,云中山保护区陆续开展了2期红外相机调查监测,积累了大量的野生动物基础信息和珍贵的影像资料,调查结果表明云中山保护区野生动物资源丰富,生物多样性较高,具有重要的生态和科研价值。红外相机调查共记录到野生动物14目40科77种,其中鸟类9目28科57种,兽类5目12科20种,其中国家一级重点保护野生动物3种,分别为黄腹角雉、白颈长尾雉和小灵猫;国家二级重点保护野生动物13种,分别为白鹇、白眉山鹪鹩、松雀鹰、凤头鹰、林雕、鹰雕、褐翅鸦鹃、领角鸮、褐林鸮、红头咬鹃、豹猫、猕猴和中华鬣羚。啮齿目鼠类因其行动迅速,红外相机拍摄到的影像难以辨认,本次调查统计最终未将其详细列入。对比云中山保护区野生动物历史调查记录(科考记录、监测记录),此次红外相机调查为云中山保护区新增鸟兽物种记录28种,分别为白颈长尾雉、凤头鹰、鹰雕、红头咬鹃、虎斑地鸫、丝光椋鸟(*Spodiopsar sericeus*)、灰胸竹鸡(*Bambusicola thoracicus*)、红头咬鹃、山斑鸠(*Streptopelia orientalis*)、红嘴蓝鹊(*Urocissa erythroryncha*)、白眉鸫(*Turdus obscurus*)、白眶鹪莺(*Phylloscopus intermedius*)、棕脸鹪莺(*Abroscopus albogularis*)、棕眉柳莺(*Phylloscopus armandii*)、四声杜鹃(*Cuculus micropus*)、普通夜鹰(*Caprimulgus jotaka*)、大鹰鸮(*Hierococcyx sparverioides*)、黄嘴栗啄木鸟(*Blythipicus pyrrhotis*)、栗啄木鸟(*Micropternus brachyurus*)、领雀嘴鹛(*Spizixos semitorques*)、戴菊(*Regulus regulus*)、钩嘴林鸮(*Tephrodornis virgatus*)、白腹凤鹛(*Erpornis zantholeuca*)、纯色山鹪莺(*Prinia inornata*)、食蟹獾、豹猫、猕猴和小灵猫,其中鸟类新纪录物种24种,兽类新纪录物种4种。红外相机调查到的云中山新纪录物种中有国家一级重点保护野生动物白颈长尾雉、小灵猫2种,国家二级重点保护野生动物凤头鹰、鹰雕、红头咬鹃、豹猫和猕猴5种。白颈长尾雉被7个红外相机记录到36次独立有效记录,主要分布于保护区北部桃舟乡境内;黄腹角雉被9个红外相机记录到11次独立有效记录,主要分布于保护区中部太华山周边;小灵猫被2个红外相机记录到3次独立有效记录,拍摄于保护区东部后湖地区。

戴云山山脉是福建省境内北东—南西向延伸的庞大山脉,云中山属于戴云山山脉的东南延伸部分。

云中山红外相机调查结果与林开森等^[26]同样在戴云山开展的红外相机调查结果相似,都记录到了黄腹角雉、白颈长尾雉和小灵猫等国家重点保护野生动物,且白颈长尾雉也是戴云山自然保护区新纪录种。由于《国家重点保护野生动物名录》(2021年2月1日修订)将小灵猫升为国家一级重点保护野生动物,因此云中山保护区此次记录的国家一级保护动物比戴云山多了1种。同时,戴云山记录到了国家二级重点保护野生动物5种,相比云中山保护区记录少了8种。云中山红外相机调查未记录到黄喉貂(*Martes flavigula*),其他记录的国家二级重点保护野生动物种类依次为红头咬鹃、豹猫、猕猴、松雀鹰、凤头鹰、林雕、鹰雕、领角鸮和褐林鸮。从国家重点保护野生动物物种多样性而言,云中山保护区的生物多样性要优于戴云山保护区。云中山主峰太华山为主山脉,北部为晋江水系源头,南部为九龙江水系一级支流,地形复杂,组成多样,为野生动物提供了多样的生境和交流通道,也是云中山保护区生物多样性丰富的原因。

通常红外相机主要记录兽类及林下地栖鸟类(如雉类等),此次红外相机调查拍摄到了6种猛禽,其中鹰形目鹰科(*Accipitridae*)4种,鸮形目鸮科(*Strigidae*)2种,均属于国家二级重点保护野生动物。这种情形并不常见,其原因有二,一是与云中山保护区林下啮齿类、雉类等捕食对象资源丰富有关;二是与保护区位于戴云山山脉、晋江水系和九龙江水系之间,这些区域属于猛禽沿水系方向迁徙有关。后续云中山保护区可开展相应的猛禽专项调查,深入探究其原因。

从云中山保护区的相对丰富度指数比较来看,小鹿、白鹇是云中山保护区的绝对优势物种,白鹇的 R_{AI} 为38.90,小鹿的 R_{AI} 为36.93,与徐建国等^[27]在戴云山山系调查研究结果相同。云中山调查的白鹇 R_{AI} 高于戴云山调查的白鹇 R_{AI} (33.13)。小鹿、白鹇成为云中山保护区优势物种,也反映出云中山保护区内缺少中大型食肉动物。此次红外相机调查中仅记录到了豹猫、花面狸、小灵猫、猪獾和鼬獾等7种小型食肉类,这些物种不足以对小鹿、白鹇种群形成足够的威胁,使得白鹇、小鹿逐渐形成种群优势。

经过多年努力,云中山保护区内野生动物及其栖息生境得到了较好保护,为黄腹角雉、白颈长尾雉等众多珍稀濒危物种提供了非常好的栖息条件。尽

管保护区采取了积极的、成效明显的保护管理措施,但调查发现区内野生动物及其栖息生境还是存在潜在威胁。一是云中山保护区的东部、西部人为干扰程度较高,面临栖息地破碎化和片段化威胁;二是当地政府为发展旅游,修缮了沿山公路,布设了旅游步道,甚至一些游客不顾保护区的制止开展野外徒步穿越,对野生动物生存栖息造成了极大影响;三是区内已有1条高速公路、1条铁路专线和1条省道横穿,将云中山保护区隔断成数个孤岛,阻隔了区内野生动物种群与外界交流。保护区红外相机拍摄到白化小鹿也证实保护区动物与周边的动物种群存在隔离,交流较少的情况。为保护好区内野生动物,需要持续开展保护区的红外相机调查监测,根据调查监测结果开展合适的野生动物栖息地和廊道建设,并科学地制定保护管理措施。

致谢: 感谢安溪云中山省级自然保护区服务中心提供的帮助,也感谢井冈山国家级自然保护区承勇、江西观鸟会黄永富等同行在野外工作上提供的帮助与支持。

参考文献:

- [1] 张常智, 张明海. 黑龙江省东完达山地区东北虎猎物种群现状及动态趋势[J]. 生态学报, 2011, 31(21): 6481-6487.
ZHANG C Z, ZHANG M H. Population status and dynamic trends of Amur tiger's prey in eastern Wandashan Mountain, Heilongjiang Province [J]. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(21): 6481-6487.
- [2] 蔡音亭, 干晓静, 马志军. 鸟类调查的样线法和样点法比较: 以崇明东滩春季盐沼鸟类调查为例[J]. 生物多样性, 2010, 18(1): 44-49.
CAI Y T, GAN X J, MA Z J. A comparison of line transect and point count surveys: a case study of spring saltmarsh birds at Chongming Dongtan [J]. Biodiversity Science, 2010, 18(1): 44-49.
- [3] 张娜, 李言阔, 单继红, 等. 鄱阳湖枯水期延长背景下越冬水鸟群落结构、丰富度及其空间分布格局[J]. 湖泊科学, 2019, 31(1): 183-194.
ZHANG N, LI Y K, SHAN J H, et al. Community structure, abundance and spatial distribution of water birds wintering in Poyang Lake wetland [J]. Journal of Lake Sciences, 2019, 31(1): 183-194.
- [4] 谢文华, 杨锡福, 李俊年, 等. 八大公山自然保护区地栖性小兽多样性初步研究[J]. 生物多样性, 2014, 22(2): 216-222.
XIE W H, YANG X F, LI J N, et al. A preliminary study of the biodiversity of ground-dwelling small mammals in Badagongshan National Nature Reserve, Hunan Province [J]. Biodiversity Science, 2014, 22(2): 216-222.
- [5] 刘晴, 崔小娟, 张敏强, 等. 重庆金佛山国家级自然保护区兽类综合调查报告[J]. 林业科技通讯, 2024(5): 12-17.
LIU Q, CUI X J, ZHANG M Q, et al. Comprehensive investigation report on mammals in Jinfoshan National Nature Reserve, Chongqing [J]. Forest Science and Technology, 2024(5): 12-17.
- [6] 余著成, 金伟, 陈卓, 等. 江山仙霞岭省级自然保护区兽类多样性调查[J]. 浙江林业科技, 2023, 43(1): 53-60.
YU Z C, JIN W, CHEN Z, et al. Investigation on mammals in Jiangeshan Xianxialing Provincial Nature Reserve [J]. Journal of Zhejiang Forestry Science and Technology, 2023, 43(1): 53-60.
- [7] 杨天友, 姚杰, 杨传东. 贵州洋溪省级自然保护区翼手类物种多样性调查[J]. 动物学杂志, 2021, 56(6): 819-825.
YANG T Y, YAO J, YANG C D. Species diversity of bat in Yangxi Provincial Nature Reserve, Guizhou Province [J]. Chinese Journal of Zoology, 2021, 56(6): 819-825.
- [8] 胡淋正, 勾伟, 王万海, 等. 贵州大沙河国家级自然保护区黑叶猴种群数量与分布[J]. 野生动物学报, 2024, 45(1): 1-7.
HU L Z, GOU W, WANG W H, et al. A preliminary field survey on the population and distribution of François' langur in Dashahe National Nature Reserve, Guizhou Province, China [J]. Chinese Journal of Wildlife, 2024, 45(1): 1-7.
- [9] 李根会, 覃忠义, 卢立雄, 等. 云南楚雄哀牢山地区西黑冠长臂猿种群数量和分布[J]. 兽类学报, 2023, 43(5): 513-522.
LI G H, QIN Z Y, LU L X, et al. Population size and distribution of western black crested gibbon (*Nomascus concolor*) in Ailao Mountain, Chuxiong Prefecture, Yunnan Province [J]. Acta Theriologica Sinica, 2023, 43(5): 513-522.
- [10] 钟义, 张玲, 张健嵩, 等. 野外大熊猫种群调查监测方法概述[J]. 林业建设, 2023, 41(4): 6-11.
ZHONG Y, ZHANG L, ZHANG J S, et al. Survey and monitoring methods of wild giant panda population [J]. Forestry Construction, 2023, 41(4): 6-11.
- [11] 李珍珍, 杜梦甜, 朱原辛, 等. 基于红外相机的不可个体识别动物种群密度估算方法[J]. 生物多样性, 2023, 31(3): 22422.
LI Z Z, DU M T, ZHU Y X, et al. A practical guide for estimating the density of unmarked populations using camera traps [J]. Biodiversity Science, 2023, 31(3): 22422.
- [12] 李安梅, 李言阔, 邵瑞清, 等. 基于红外相机技术分析鼬獾的活动节律[J]. 动物学杂志, 2022, 57(2): 225-235.
LI A M, LI Y K, SHAO R Q, et al. Analysis of activity patterns of the Chinese ferret badger using infrared camera technology [J]. Chinese Journal of Zoology, 2022, 57(2): 225-235.
- [13] 肖治术, 肖文宏, 王天明, 等. 中国野生动物红外相机监测与研究: 现状及未来[J]. 生物多样性, 2022, 30(10): 22451.
XIAO Z S, XIAO W H, WANG T M, et al. Wildlife monitoring and research using camera-trapping technology across China: the current status and future issues [J]. Biodiversity Science, 2022, 30(10): 22451.

- [14] 田新民, 汲旭阳, 王鑫雪, 等. 北极村国家级自然保护区狗栖息地适宜性及活动节律[J]. 生态学报, 2024, 44(18): 8175-8184.
TIAN X M, JI X Y, WANG X X, *et al.* Habitat suitability and activity patterns of roe deer in Beijicun National Nature Reserve, Heilongjiang Province, China[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2024, 44(18): 8175-8184.
- [15] 张明军, 王合升, 颜文博, 等. 海南大田国家级自然保护区小灵猫的活动节律与栖息地选择[J]. 生物多样性, 2024, 32(6): 23420.
ZHANG M J, WANG H S, YAN W B, *et al.* Diel activity and habitat selection of small Indian civets (*Viverricula indica*) in Hainan Datian National Nature Reserve [J]. *Biodiversity Science*, 2024, 32(6): 23420.
- [16] 魏懿鑫, 马驰, 茶志强, 等. 云南巍山青华绿孔雀自然保护区大中型兽类多样性调查[J]. 南方农业, 2024, 18(5): 257-260.
WEI Y X, MA C, CHA Z Q, *et al.* Investigation on the diversity of large and medium sized mammals in Weishan Qinghua Green Peacock Nature Reserve, Yunnan Province[J]. *South China Agriculture*, 2024, 18(5): 257-260.
- [17] 王秀磊, 徐俊泉, 张圣发, 等. 基于红外相机技术的阿尔金山保护区祁曼塔格山兽类和鸟类多样性监测的初步研究[J]. 干旱区地理, 2024, 47(10): 1662-1673.
WANG X L, XU J Q, ZHANG S F, *et al.* A preliminary survey of mammals and birds diversity based on camera trapping in Qimantag Mountain of Altun Mountain National Nature Reserve, Xinjiang [J]. *Arid Land Geography*, 2024, 47(10): 1662-1673.
- [18] 任雪琴, 邹智超, 袁鑫, 等. 福建龙栖山国家级自然保护区林下鸟类和兽类资源的红外相机监测[J]. 陆地生态系统与保护学报, 2024, 4(2): 90-99.
REN X Q, ZOU Z C, YUAN X, *et al.* Camera-trapping survey of wild mammals and ground-dwelling birds in Longqishan National Nature Reserve, China [J]. *Terrestrial Ecosystem and Conservation*, 2024, 4(2): 90-99.
- [19] 卢敏勇. 安溪云中山省级自然保护区黄腹角雉资源现状与保护对策[J]. 农业灾害研究, 2022, 12(6): 30-32.
LU M Y. Current situation and protection countermeasures of *Tragopan caboti* pheasant resources in Yunzhongshan Provincial Nature Reserve, Anxi [J]. *Journal of Agricultural Catastrophology*, 2022, 12(6): 30-32.
- [20] O'BRIEN T G, KINNAIRD M F, WIBISONO H T. Crouching tigers, hidden prey: Sumatran tiger and prey populations in a tropical forest landscape [J]. *Animal Conservation*, 2003, 6(2): 131-139.
- [21] SMITH A T, 解焱. 中国兽类野外手册[M]. CEMM A F, 绘. 长沙: 湖南教育出版社, 2009.
SMITH A T, XIE Y. A guide to the mammals of China [M]. CEMM A F, illus. Changsha: Hunan Education Publishing House, 2009.
- [22] 魏辅文, 杨奇森, 吴毅, 等. 中国兽类分类与分布[M]. 北京: 科学出版社, 2022.
WEI F W, YANG Q S, WU Y, *et al.* Taxonomy and distribution of mammals in China [M]. Beijing: Science Press, 2022.
- [23] 刘阳, 陈水华. 中国鸟类观察手册[M]. 长沙: 湖南科学技术出版社, 2021.
LIU Y, CHEN S H. The CNG field guide to the birds of China [M]. Changsha: Hunan Science & Technology Press, 2021.
- [24] 国家重点保护野生动物名录(2021年2月1日修订)[J]. 野生动物学报, 2021, 42(2): 605-640.
List of national key protected wild animals in China (revised on February 1, 2021) [J]. *Chinese Journal of Wildlife*, 2021, 42(2): 605-640.
- [25] 陈立军, 肖文宏, 肖治术. 物种相对多度指数在红外相机数据分析中的应用及局限[J]. 生物多样性, 2019, 27(3): 243-248.
CHEN L J, XIAO W H, XIAO Z S. Limitations of relative abundance indices calculated from camera-trapping data [J]. *Biodiversity Science*, 2019, 27(3): 243-248.
- [26] 林开森, 徐建国, 李文周, 等. 福建省戴云山野生哺乳动物和鸟类红外相机监测[J]. 生物多样性, 2018, 26(12): 1332-1337.
LIN K M, XU J G, LI W Z, *et al.* Camera-trapping survey of wild mammals and birds in Daiyunshan, Fujian Province [J]. *Biodiversity Science*, 2018, 26(12): 1332-1337.
- [27] 徐建国, 陈斌, 赖雅芬, 等. 戴云山山系野生白鹇活动节律研究[J]. 福建林业, 2019(2): 45-48.
XU J G, CHEN B, LAI Y F, *et al.* The activity rhythm of the wild *Lophura nycthemera* in the Danyunshan mountain system [J]. *Fujian Forestry*, 2019(2): 45-48.